

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-53957
(P2002-53957A)

(43) 公開日 平成14年2月19日 (2002.2.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
C 2 3 C 14/54		C 2 3 C 14/54	E 2 H 0 4 8
G 0 2 B 5/28		G 0 2 B 5/28	4 K 0 2 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-236418(P2000-236418)

(22) 出願日 平成12年8月4日 (2000.8.4)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 沢村 光治

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100095991

弁理士 阪本 善朗

Fターム(参考) 2H048 GA07 GA14 GA19 GA33 GA60

4K029 BA44 BA48 BB02 BC08 CA01

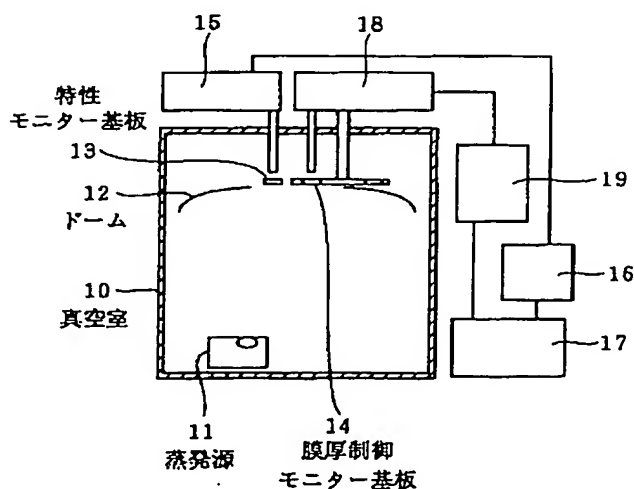
EA01

(54) 【発明の名称】 成膜方法および成膜装置

(57) 【要約】

【課題】 膜厚制御モニターと特性モニターを用いて高精度な膜厚制御を行なう。

【解決手段】 蒸発源11の上方には製品基板を保持するドーム12が設けられ、その中心部に配設された膜厚制御モニター基板14を用いて成膜中の膜厚をモニターするとともに、成膜後の最終膜厚Dmを計測し、さらに特性モニター基板13上の積層膜における膜厚Dsから実測ツーリング(実測膜厚比)Ds/Dmを求めて、この値に基づいて次層以後の膜厚制御モニターにおける制御波長を変更する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の制御波長をもつ単色光を用いて光学多層膜の複数層のそれぞれの膜厚を成膜中に膜厚制御モニター基板上で計測する膜厚制御モニターによる膜厚制御工程と、白色光を用いて前記膜厚制御モニター基板上の各層の成膜後の膜厚 D_m を計測する工程と、前記複数層のうちの少なくとも1層が特性モニター基板上に積層された状態でその積層膜の光学特性を計測する特性モニターによって各層の膜厚 D_s を計測する工程と、前記膜厚制御モニターによる前記膜厚 D_m と前記特性モニターによる前記膜厚 D_s から得られた実測膜厚比 D_s/D_m に基づいて、次層以後の膜厚制御のための前記制御波長を変更する工程を有する成膜方法。

【請求項2】 所定の制御波長をもつ単色光を用いて光学多層膜の複数層のそれぞれの膜厚を成膜中に膜厚制御モニター基板上で計測する膜厚制御モニターによる膜厚制御工程と、白色光を用いて前記膜厚制御モニター基板上の各層の成膜後の膜厚 D_m を計測する工程と、前記複数層のうちの少なくとも1層が特性モニター基板上に積層された状態でその積層膜の光学特性を計測する特性モニターによって各層の膜厚 D_s を計測する工程と、前記特性モニターの計測結果に基づいて次層またはそれ以後の目標光学膜厚を設計修正するとともに、前記膜厚制御モニターによる前記膜厚 D_m と前記特性モニターによる前記膜厚 D_s から得られた実測膜厚比 D_s/D_m に基づいて、次層以後の膜厚制御のための前記制御波長を変更する工程を有する成膜方法。

【請求項3】 所定の制御波長をもつ単色光を用いて光学多層膜の複数層のそれぞれの膜厚を成膜中に膜厚制御モニター基板上で計測する膜厚制御モニターによる膜厚制御工程を有し、先行する光学多層膜製造サイクルにおいて得られた膜厚制御モニターと特性モニターの実測膜厚比 D_s/D_m に基づいて、各層の前記膜厚制御モニターの前記制御波長を変更することを特徴とする成膜方法。

【請求項4】 特性モニターの計測結果に基づいて次層またはそれ以後の目標光学膜厚を設計修正することを特徴とする請求項3記載の成膜方法。

【請求項5】 所定の制御波長の単色光を用いて光学多層膜の複数層のそれぞれの膜厚を成膜中に膜厚制御モニター基板上で計測するとともに、白色光によって前記膜厚制御モニター基板上の各層の成膜後の膜厚 D_m を検知する膜厚制御モニター手段と、前記複数層のうちの少なくとも1層が特性モニター基板上に積層された状態でその積層膜の光学特性から各層の膜厚 D_s を計測する特性モニター手段と、前記膜厚制御モニター基板上の前記膜厚 D_m と前記特性モニター基板上の前記膜厚 D_s から得られた実測膜厚比 D_s/D_m に基づいて、前記膜厚制御モニター手段の前記制御波長を変更する制御手段を有する成膜装置。

【請求項6】 膜厚制御モニター手段と特性モニター手段が、同一の測定系を用いるものであることを特徴とする請求項5記載の成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶プロジェクターやTVカメラ等に用いられるダイクロ膜（色分解用光学素子）等、高性能でしかも製造安定性が要求される光学多層膜の成膜方法および成膜装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、ダイクロ膜等の高機能な光学多層膜の成膜における膜厚制御には、光学式の膜厚制御モニターが用いられる。この膜厚制御モニターは、各層を成膜するモニター基板、モニター基板交換機構、投光部、制御波長フィルター交換部、受光部、強度計測部を有し、各層の膜厚を計測しながら成膜を行なうものである。

【0003】しかし、近年、より高精度の膜厚制御を行なうために、製品そのもの、または製品を代用するモニター基板（特性モニター基板）上の積層膜の光学特性を測定し、その結果に基づいて、製品の最終目標特性に近づくように初期目標膜厚（または屈折率）を修正制御する方法が提案されている（特開平7-72307号公報参照）。

【0004】あるいは、製品に代わってその特性を計測する特性モニターと従来の膜厚制御モニターを併用し、特性モニターの光学特性の結果から膜厚制御モニターにより修正目標膜厚（または屈折率）を制御する方法が提案されている（特開平5-255850号公報参照）。

【0005】前者はスパッタ法の例であるが、レートが比較的安定しており時間制御で膜厚を制御できるため、修正目標膜厚を得るのに有効と思われる。後者は蒸着法の例であり、従来の膜厚制御モニターに加えて、積層特性を得るための特性モニター（固定）を設け、目標膜厚を修正制御することで製品特性の向上、安定化を行なうことが記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来の技術によれば、特に特開平5-255850号公報に記載された膜厚制御の場合、目標特性からの誤差を小さくするよう、特性モニターの計測結果に応じて初期目標膜厚を修正して順次成膜することが述べられているが、実際の成膜時には、成膜条件の変動のために膜厚制御モニターによる膜厚制御に誤差が発生するという未解決の課題がある。

【0007】本発明は上記従来の技術の有する未解決の課題に鑑みてなされたものであり、膜厚制御モニターに用いる制御波長を修正することで、光学多層膜の成膜中の成膜条件の変動に起因する膜厚制御の誤差を大幅に低

減し、高品質なダイクロ膜等を安定製造できる成膜方法および成膜装置を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の成膜方法は、所定の制御波長をもつ単色光を用いて光学多層膜の複数層のそれぞれの膜厚を成膜中に膜厚制御モニター基板上で計測する膜厚制御モニターによる膜厚制御工程と、白色光を用いて前記膜厚制御モニター基板上の各層の成膜後の膜厚 D_m を計測する工程と、前記複数層のうちの少なくとも1層が特性モニター基板上に積層された状態でその積層膜の光学特性を計測する特性モニターによって各層の膜厚 D_s を計測する工程と、前記膜厚制御モニターによる前記膜厚 D_m と前記特性モニターによる前記膜厚 D_s から得られた実測膜厚比 D_s/D_m に基づいて、次層以後の膜厚制御のための前記制御波長を変更する工程を有することを特徴とする。

【0009】また、所定の制御波長をもつ単色光を用いて光学多層膜の複数層のそれぞれの膜厚を成膜中に膜厚制御モニター基板上で計測する膜厚制御モニターによる膜厚制御工程を有し、先行する光学多層膜製造サイクルにおいて得られた膜厚制御モニターと特性モニターの実測膜厚比 D_s/D_m に基づいて、各層の前記膜厚制御モニターの前記制御波長を変更することを特徴とする成膜方法でもよい。

【0010】また、所定の制御波長をもつ単色光を用いて光学多層膜の複数層のそれぞれの膜厚を成膜中に膜厚制御モニター基板上で計測する膜厚制御モニターによる膜厚制御工程と、白色光を用いて前記膜厚制御モニター基板上の各層の成膜後の膜厚 D_m を計測する工程と、前記複数層のうちの少なくとも1層が特性モニター基板上に積層された状態でその積層膜の光学特性を計測する特性モニターによって各層の膜厚 D_s を計測する工程と、前記特性モニターの計測結果に基づいて次層またはそれ以後の目標光学膜厚を設計修正するとともに、前記膜厚制御モニターによる前記膜厚 D_m と前記特性モニターによる前記膜厚 D_s から得られた実測膜厚比 D_s/D_m に基づいて、次層以後の膜厚制御のための前記制御波長を変更する工程を有することを特徴とする成膜方法でもよい。

【0011】本発明の成膜装置は、所定の制御波長の単色光を用いて光学多層膜の複数層のそれぞれの膜厚を成膜中に膜厚制御モニター基板上で計測するとともに、白色光によって前記膜厚制御モニター基板上の各層の成膜後の膜厚 D_m を検知する膜厚制御モニター手段と、前記複数層のうちの少なくとも1層が特性モニター基板上に積層された状態でその積層膜の光学特性から各層の膜厚 D_s を計測する特性モニター手段と、前記膜厚制御モニター基板上の前記膜厚 D_m と前記特性モニター基板上の

前記膜厚 D_s から得られた実測膜厚比 D_s/D_m に基づいて、前記膜厚制御モニター手段の前記制御波長を変更する制御手段を有することを特徴とする。

【0012】膜厚制御モニター手段と特性モニター手段が、同一の測定系を用いるものであるとよい。

【0013】

【作用】各層ごとに予め制御波長を設定して単色光による膜厚制御モニターを行なっても、製品基板上に成膜される膜の屈折率が成膜条件の変動によって変化したときには、膜厚制御モニターの単色光の反射率や透過率が変わるため、膜厚制御に大きな誤差を生じる。そこで、膜厚制御モニター基板上の各層の成膜後の膜厚 D_m と、特性モニター基板上の積層膜の光学特性から得られた膜厚 D_s の比、一般的にツーリングと呼ばれる膜厚比 D_s/D_m を各層ごとに実測し、次層の成膜工程におけるツーリングを上記実測値に修正し、新たに設定された膜厚制御モニター基板上の目標膜厚に合わせて次層以後の膜厚制御のための膜厚制御モニターの制御波長を変更する。

【0014】特性モニター基板による計測結果に基づいて次層またはそれ以後の目標光学膜厚を設計修正するとともに、上記の方法で制御波長を変更すれば、より一層高精度な膜厚制御を行なうことができる。

【0015】成膜中にツーリングを実測する替わりに、先行する光学多層膜製造サイクルにおいて実測されたツーリングを用いて制御波長を変更する方法を採用すれば、より簡単な工程で高精度な膜厚制御を行なうことができる。

【0016】このようにして各層ごとに適切な制御波長を選ぶことで、膜厚制御の精度を大幅に向上できる。これによって、極めて高性能なダイクロ膜等を安定製造することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0018】図1は第1の実施の形態による成膜装置を示すもので、これは、真空室10の底部に設けられた蒸発源11と、その上方に配設された製品基板保持用のドーム12と、ドーム12の中心部に設けられた特性モニター基板13および膜厚制御モニター基板14を有する。

【0019】特性モニター手段は、ドーム12に保持された製品基板に積層された膜の光学特性を計測して、屈折率や膜厚を検知するもので、前記特性モニター基板13、投受光部15、計測部16によって構成され、測定値は演算部を含む制御手段17に取り込まれる。

【0020】膜厚制御モニター手段は、特定された制御波長の単色光によって成膜中の各層の膜厚を計測して膜厚制御を行なうもので、前記膜厚制御モニター基板14、モニター交換機能を含む投受光部18、計測部19によって構成され、測定値は前記演算部に取り込まれ

る。

【0021】光学多層膜（例えばダイクロ膜）の必要特性を得る場合、膜厚制御モニターにおいて複数の膜厚制御モニター基板のうちのどの基板で何層、どの制御波長を使用するかが重要である。

*【0022】蒸着赤ダイクロ（プリズムタイプ、接合面入射角45度）の一設計例による定数と制御波長を表1に示す。

【0023】

*【表1】

真空中目標値						
層数	d	588n	588真nd	S/M	制御波長	モニター番号
1	103	1.58	163	1.06	548	1
2	104	2.21	230	1.05	440	2
3	138	1.58	217	1.06	461	1
4	104	2.21	230	1.05	449	2
5	91	1.58	144	1.06	485	3
6	110	2.21	242	1.05	461	4
7	91	1.58	144	1.06	510	3
8	110	2.21	242	1.05	470	4
9	91	1.58	144	1.06	521	3
10	110	2.21	242	1.05	472	4
11	91	1.58	144	1.06	525	3
12	110	2.21	242	1.05	474	4
13	91	1.58	144	1.06	529	3
14	104	2.21	230	1.05	451	2
15	138	1.58	217	1.06	547	1
16	104	2.21	230	1.05	452	2
17	103	1.58	163	1.06	560	1

【0024】表1において、層数は基板側からの層番号を示し、奇数層は Al_2O_3 層、偶数層は TiO_2 層を示す。dは物理膜厚（nm）、588nは波長588nmでの屈折率、588真ndは波長588nmでの真空中の光学膜厚（nm）を示す。S/Mは特性モニター基板と膜厚制御モニター基板の間に予め設定された膜厚比（以下、「ツーリング」という。）を示し、特性モニター基板の膜厚は製品光学多層膜の各層の膜厚を反映するように設定してある。

【0025】ツーリングは単層膜の大気中の特性比較から予め実験的に求めた値で、通常、成膜中のツーリングは一定であると仮定して制御波長を決定する。制御波長は初期目標光学膜厚を得るための膜厚制御モニターの単色光の波長であり、モニター番号は各層の成膜に用いるための膜厚制御モニター基板の番号（例えばモニター番号1は第1層、第3層、第15層、第17層に用いる膜厚制御モニター基板）である。

【0026】表1の条件に基づき赤ダイクロ膜を制作すると、後述する比較例に示すようにS成分の透過率の真空中目標特性形状と成膜後の真空中仮想特性形状（入射角0度の特性モニターの測定値を45度に変換）は一致しない。このように一致しない要因として、膜厚制御モニター基板側では、光量やノイズからくる膜厚制御精度の不足、制御波長の設定誤差等が予想される。蒸発源側では、蒸発分布の変動、蒸発速度の変動等が予想される。また、特性モニター基板側では、測定精度不足による膜定数の導出誤差が予想される。

【0027】検討の結果、特性モニター基板側の特性の初期目標特性からのズレは、膜厚制御モニター基板側に

起因する誤差、蒸発源側に起因する誤差および特性モニター基板側に起因する誤差を含めたツーリングの設定値が要因であることを見出した。

【0028】そこで、膜厚を制御する膜厚制御モニターと積層膜の反射（または透過）特性を測光する特性モニターの両方を用いる成膜装置において、成膜中は膜厚制御モニターの単色制御波長で膜厚を制御し、成膜後は白色光で膜厚制御モニター基板上に成膜された膜特性を測定して膜定数（屈折率 N_m 、膜厚 D_m ）を求めるとともに、特性モニター基板上に成膜された積層膜の光学特性から膜定数（屈折率 N_s 、膜厚 D_s ）を求め、前層の実測膜厚比である実測ツーリング（ D_s/D_m ）と膜厚制御モニター基板側の既成膜層の定数を考慮して、膜厚制御モニター基板側の次層の目標膜厚を決めて、これに対応する単色制御波長を求めて膜厚制御を行なうことが重要であることを見出した。

【0029】さらに、蒸発源側の突発的な変動要因が無い安定した成膜条件下では、成膜中の各層の実測ツーリングは一定の変化傾向を示すため、先行する光学多層膜製造サイクルにおいて実測されたツーリングを用いることも有効であることを見出した。

【0030】すなわち、先行する製品サイクルにおいて求められた各層ごとの実測ツーリング（ D_s/D_m ）と膜厚制御モニター基板側の既成膜層の定数を考慮して、膜厚制御モニター基板側の次層の目標膜厚に対応する単色制御波長を決めて膜厚制御を行なってもよい。

【0031】また、成膜途中に特性モニターの計測結果に基づいて設計修正により変更した修正目標光学膜厚を合わせて用いることも有効であることを見出した。

30

40

50

【0032】すなわち、膜厚を制御する膜厚制御モニターと積層膜の反射（または透過）特性を測光する特性モニターの両方を用いる成膜装置において、成膜中は膜厚制御モニターの単色制御波長で各層の膜厚を制御し、成膜後は白色光で膜厚制御モニター基板上に成膜された膜特性を測定して膜定数（屈折率 N_m 、膜厚 D_m ）を求めるとともに、特性モニター基板上に成膜された積層膜の膜特性から膜定数（ N_s 、 D_s ）を求める。前記定数を固定して次層以降の光学膜厚を目標特性に合わせて再設計し、次層あるいはそれ以降の層の修正目標光学膜厚を決定し、さらに、前層の実測ツーリング（ D_s/D_m ）と膜厚制御モニター基板上の既成膜層の定数を考慮して、膜厚制御モニター基板上の次層の目標膜厚を決め、対応する単色制御波長を求めて膜厚制御を行なうことによって、より一層高精度な膜厚制御を行なうことができることを見出した。

【0033】さらに、蒸発源側の突発的な変動要因が無い安定した成膜条件下では、先行する光学多層膜製造サイクルにおいて求められた各層の実測ツーリングを用い*

することも有効であることを見出した。

【0034】すなわち、特性モニター基板上の積層膜の定数を固定して次層以降の光学膜厚を目標特性に合わせて再設計し、次層あるいはそれ以降の層の修正目標光学膜厚を決定したうえで、予め求められた各層ごとの実測ツーリング（ D_s/D_m ）と膜厚制御モニター基板上の既成膜層の定数を考慮して、膜厚制御モニター基板上の次層の目標膜厚を決め、対応する単色制御波長を求めて膜厚制御を行なうことも有効であることを見出した。

【0035】（実施例1）表1を初期目標、条件として、特性モニター基板上の積層膜の膜定数と膜厚制御モニター基板上の1層目の膜定数を求めて、両者のツーリング（ D_s/D_m ）を実測し、この実測ツーリングに基づき膜厚制御モニター基板上の次層の制御波長を修正するという手順を繰り返して成膜した。表2にこの時の特性モニター基板上の積層膜の定数およびツーリングを示す。

【0036】

【表2】

真空中実施例1							
層数	d	588n	588真nd	選択T	実S/M	制御波長	モニター番号
1	101	1.57	158	1.06	1.04	548	1
2	100	2.24	224	1.05	1.03	440	2
3	138	1.57	217	1.04	1.04	467	1
4	104	2.27	236	1.03	1.05	451	2
5	96	1.58	152	1.04	1.10	495	3
6	107	2.22	238	1.05	1.04	460	4
7	88	1.59	140	1.10	1.06	510	3
8	108	2.28	246	1.04	1.05	470	4
9	86	1.60	138	1.06	1.02	521	3
10	105	2.31	243	1.05	1.05	473	4
11	94	1.61	151	1.02	1.01	540	3
12	105	2.31	243	1.05	1.05	475	4
13	89	1.61	143	1.01	1.01	545	3
14	98	2.30	225	1.05	1.03	453	2
15	137	1.57	216	1.04	1.00	559	1
16	102	2.30	235	1.03	1.05	456	2
17	102	1.59	162	1.00	0.99	578	1

【0037】表2において、選択Tが膜厚制御モニター基板上の前層の実測ツーリング（実S/M）を選択したものであり、制御波長をこの値に基づいて修正した。モニター番号1、2の膜厚制御モニター基板の1層目の選択Tは表1のツーリング（S/M）を採用した。実S/Mは、膜厚制御モニター上の各層の成膜後求めたツーリングの実測値である。

【0038】図2にこの時のS成分真空中目標特性と成膜後の真空中仮想S成分特性（入射角0度の特性モニターの測定値を45度に変換）を示す。後述する比較例1

（図3参照）に対して、540nm近傍の透過率の低下が改善されているのが分かる。

【0039】（実施例2）実施例1で求めた実S/Mの値は検討の結果略再現性があることがわかった。そこでこの値を選択Tとして制御波長を決定し、実S/Mは比較のために求めるだけとして、実施例1と同様に成膜を行なった。特性モニターによる計測結果を表3に示す。

【0040】

【表3】

真空中実施例2							
層数	d	588n	588真nd	選択T	実S/M	制御波長	モニター番号
1	101	1.57	158	1.04	1.01	557	1
2	103	2.24	231	1.03	1.04	447	2
3	139	1.57	219	1.04	1.04	472	1
4	100	2.27	227	1.05	1.04	451	2
5	90	1.58	142	1.10	1.09	468	3
6	108	2.22	240	1.04	1.04	462	4
7	89	1.59	142	1.06	1.06	500	3
8	106	2.28	242	1.05	1.05	470	4
9	90	1.60	144	1.02	1.02	521	3
10	106	2.31	245	1.05	1.05	473	4
11	88	1.61	142	1.01	1.01	531	3
12	104	2.31	240	1.05	1.04	475	4
13	90	1.61	145	1.01	1.01	540	3
14	100	2.30	230	1.03	1.02	456	2
15	141	1.57	222	1.00	1.02	567	1
16	99	2.30	228	1.05	1.04	456	2
17	103	1.59	163	0.99	1.00	584	1

【0041】成膜時に求めた実S/Mは僅かに選択Tと異なるが、略傾向は一致していた。この時のS成分真空中目標特性と成膜後の真空中仮想S成分特性（入射角度0度の特性モニターの測定値を45度に変換）を図4に示す。比較例1に対して、540nm近傍の透過率の低下が改善されているのが分かる。

【0042】（実施例3）実施例1と同様に、表1を初期目標、条件として、特性モニター基板上の膜定数と膜厚制御モニター基板上の膜定数を求め、定数を固定して次層以降の光学膜厚を目標特性に合わせて再設計し、次*

*層あるいはそれ以降の層の修正目標光学膜厚を決定したうえで、前層の実測ツーリング(Ds/Dm)と膜厚制御モニター基板上の既成膜層の定数を考慮して、膜厚制御モニター基板上の次層の目標膜厚を決め、対応する単色制御波長を修正するという手順を繰り返して成膜した。表4にこの時得られた特性モニターの定数、ツーリングを示す。

【0043】

【表4】

真空中実施例3							
層数	d	588n	588真nd	選択T	実S/M	制御波長	モニター番号
1	101	1.57	158	1.06	1.04	548	1
2	100	2.24	224	1.05	1.03	440	2
3	145	1.57	228	1.04	1.04	480	1
4	102	2.27	232	1.03	1.05	450	2
5	96	1.58	152	1.04	1.10	495	3
6	107	2.22	238	1.05	1.04	460	4
7	89	1.59	142	1.10	1.06	512	3
8	107	2.28	244	1.04	1.05	470	4
9	87	1.60	139	1.06	1.02	525	3
10	105	2.31	243	1.05	1.05	472	4
11	84	1.61	135	1.02	1.01	528	3
12	100	2.31	231	1.05	1.05	469	4
13	119	1.61	191	1.01	1.01	571	3
14	88	2.30	202	1.05	1.03	439	2
15	142	1.57	224	1.04	1.00	576	1
16	98	2.30	226	1.03	1.05	441	2
17	122	1.59	193	1.00	0.99	618	1

【0044】表4において、選択Tが前層の実測ツーリング（実S/M）を選択したものであり、成膜後、次層以降の修正目標光学膜厚を決定するため再設計を行ない、そのうえで、前記実測ツーリングを用いて制御波長

を決定した。なお、モニター番号1、2の膜厚制御モニター基板上的1層目の選択Tは表1のツーリング（S/M）を採用した。

【0045】図5にこの時のS成分真空中目標特性と成

膜後の真空中仮想S成分特性（入射角度0度の特性モニターの測定値を45度に変換）を示す。図3の比較例1に対して、540nm近傍の透過率の低下が改善されているのが分かる。また、実施例1に対して、再設計して目標光学膜厚を修正するため、半値波長、半値波長近傍の透過率の傾斜がより初期目標値に近いという改善点がある。

【0046】（実施例4）実施例3で求めた実S/Mの*

*値は検討の結果略再現性があることが分かった。そこでこの値を選択Tとして、実施例3と同様に次層以降の修正目標光学膜厚を決定するため再設計を行ない、前記選択Tを用いて制御波長を決定した。実S/Mは比較のために求めるだけとして、実施例3と同様に成膜を行なった。結果を表5に示す。

【0047】

【表5】

真空中実施例4							
層数	d	588n	588真nd	選択T	実S/M	制御波長	モニター番号
1	101	1.57	158	1.04	1.01	557	1
2	103	2.24	231	1.03	1.04	447	2
3	141	1.57	222	1.04	1.04	477	1
4	100	2.27	227	1.05	1.04	450	2
5	92	1.58	145	1.10	1.09	478	3
6	109	2.22	242	1.04	1.04	466	4
7	92	1.59	147	1.06	1.06	512	3
8	107	2.28	244	1.05	1.05	473	4
9	89	1.60	142	1.02	1.02	530	3
10	105	2.31	243	1.05	1.05	473	4
11	82	1.61	132	1.01	1.01	528	3
12	95	2.31	220	1.05	1.04	467	4
13	133	1.61	214	1.01	1.01	588	3
14	84	2.30	193	1.03	1.02	437	2
15	150	1.57	236	1.00	1.02	582	1
16	97	2.30	223	1.05	1.04	439	2
17	116	1.59	184	0.99	1.00	613	1

【0048】図6にこの時のS成分真空中目標特性と成膜後の真空中仮想S成分特性（入射角度0度の特性モニターの測定値を45度に変換）を示す。図3の比較例1に対して、540nm近傍の透過率の低下が改善されているのが分かる。また、実施例1に対して、再設計して目標光学膜厚を修正するため、半値波長、半値波長近傍の透過率の傾斜がより初期目標値に近いという改善点がある。

【0049】（比較例1）表1に示す目標値、条件で成

膜を行なった。すなわち、同一真空中で成膜された特性モニター基板上の単層膜と膜厚制御モニター基板上の単層膜の大気中での膜定数の比較からツーリングを求め、成膜中の各層のツーリングは一定であると仮定し、これを選択Tとして表1の制御波長を用いて膜厚制御を行なった。この時得られた結果を表6に示す。

【0050】

【表6】

真空中比較例 1							
層数	d	588 n	588 真 n d	選択 T	実 S/M	制御波長	モニター番号
1	101	1.57	158	1.06	1.04	548	1
2	100	2.24	224	1.05	1.03	440	2
3	135	1.57	212	1.06	1.04	461	1
4	102	2.27	232	1.05	1.05	449	2
5	94	1.58	148	1.06	1.10	485	3
6	108	2.22	240	1.05	1.04	461	4
7	90	1.59	143	1.06	1.06	510	3
8	106	2.28	242	1.05	1.05	470	4
9	86	1.60	138	1.06	1.02	521	3
10	105	2.31	243	1.05	1.05	472	4
11	85	1.61	137	1.06	1.01	525	3
12	105	2.31	243	1.05	1.05	474	4
13	84	1.61	135	1.06	1.01	529	3
14	98	2.30	225	1.05	1.03	451	2
15	131	1.57	206	1.06	1.00	547	1
16	100	2.30	230	1.05	1.05	452	2
17	95	1.59	151	1.06	0.99	560	1

【0051】表6から分かるように、各層の実測ツーリング (実 S/M) は予想されたツーリング (選択 T) のように一定とはならず、その結果、図3に示すように 530 nm 近傍の透過率が低下する不十分な特性となった。

【0052】図7は第2の実施の形態による成膜装置を示す。特性モニターと膜厚制御モニターは、双方とも、各モニター基板の反射率 (または透過率) を測定する分光器を用いるものであり、波長を固定すれば、任意波長での膜厚変化に応じた光量変化を測定できる。誤差のない膜厚制御を行なうには、膜厚制御モニター基板と特性モニター基板の実測ツーリングを精度よく求めることが重要であり、このためには、同一の測定系を用いることが好ましい。

【0053】そこで、図7に示すように、膜厚制御モニター基板 24 を駆動部 21 により特性モニター基板 23 の位置に移動可能に構成し、双方の測定値を同一測定系である投受光部 15、計測部 16 を経て、演算部を含む制御手段 17 に取り込んで処理する。真空室 10、蒸発源 11、ドーム 12 等は図1の装置と同様であるから、同一符号で表わし説明は省略する。

【0054】しかしながら、特に多層成膜を行なう場合は複数の膜厚制御モニター基板が必要であるから、図8に示すような治具を用いるのが望ましい。これは、昇降、回転可能なホルダ 30 の中心に特性モニター基板 33、周辺の同一円周上に 6 枚の膜厚制御モニター基板 34 を有する。モニター光は昇降、回転可能なファイバー 35 により各モニター基板 33、34 上に導かれる。

【0055】成膜中は膜厚制御モニター基板 34 上で膜厚変化に伴う単色光の反射率変化を測定し、所定の反射率を検知した時点で各層の成膜を終了する。次に、白色光に切り替え、膜厚制御モニターの定数を求める。続

いて、開口手段 36 を経て同時に成膜された特性モニター基板 33 上にファイバー 35 を移動し、特性モニターの定数を求める。その後、ファイバー 35 を膜厚制御モニター基板 34 の定位置に戻し、ホルダ 30 と干渉しないように引き上げ、ホルダ 30 を回転させてモニター交換を行ない、再度ファイバー 35 を膜厚制御モニター 34 の定位置に戻す。

【0056】この操作を繰り返すことにより、同一測定系を用いて膜厚制御モニターと特性モニターを行なうことができる。

【0057】

【発明の効果】本発明は上述のとおり構成されているので、以下に記載するような効果を奏する。

【0058】膜厚制御モニターにおける制御波長を各層ごとに修正することで、より高精度な膜厚制御を行なうことができる。これによって、高品質なダイクロ膜等の光学多層膜を安定製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態による成膜装置を示す模式図である。

【図2】実施例1のダイクロ膜の S 成分光学特性を示すグラフである。

【図3】比較例1のダイクロ膜の S 成分光学特性を示すグラフである。

【図4】実施例2のダイクロ膜の S 成分光学特性を示すグラフである。

【図5】実施例3のダイクロ膜の S 成分光学特性を示すグラフである。

【図6】実施例4のダイクロ膜の S 成分光学特性を示すグラフである。

【図7】第2の実施の形態による成膜装置を示す模式図である。

15

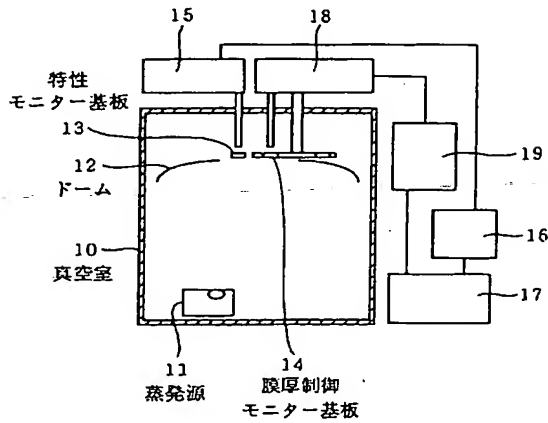
【図8】図7の装置の一変形例を示すもので、(a)はその断面図、(b)は底面図である。

【符号の説明】

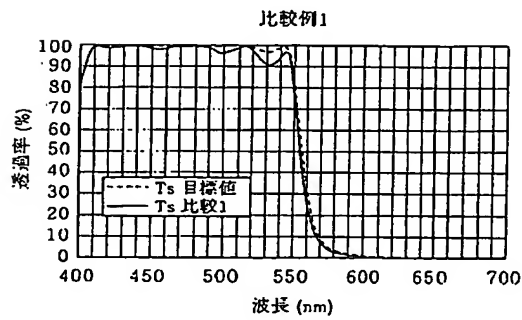
- 10 真空室
11 蒸発源
12 ドーム

- 13、23、33 特性モニター基板
14、24、34 膜厚制御モニター基板
17 制御手段
30 ホルダ
35 ファイバー

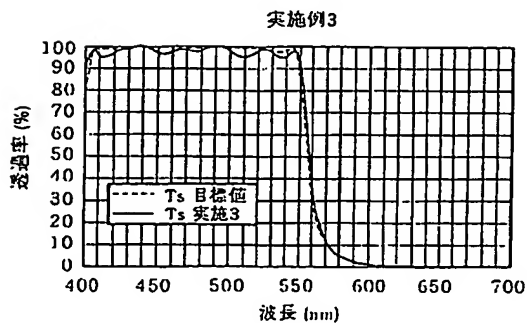
【図1】



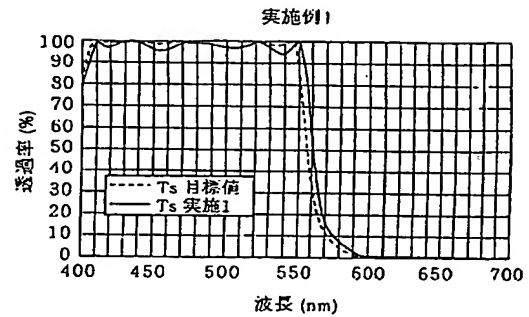
【図3】



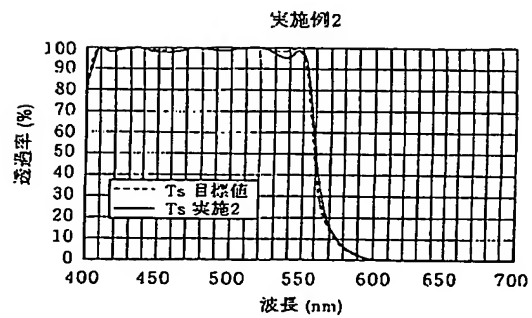
【図5】



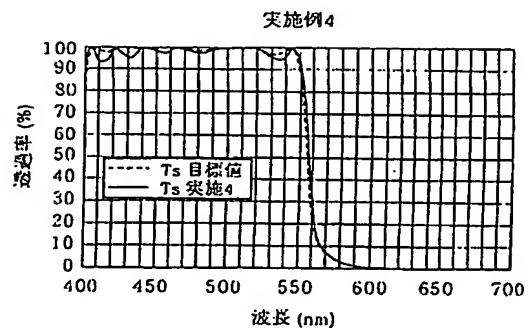
【図2】



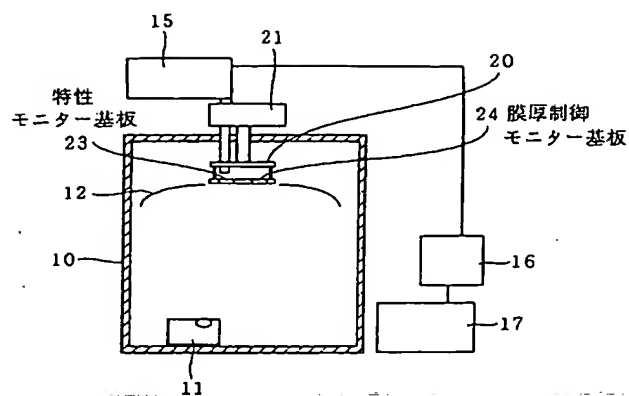
【図4】



【図6】



【図7】



【図8】

